



Рис. 3 Влияние первой точки схватывания на величину зазора

Так как при сборке с нагревом избежать образования зазора без дополнительных технологических или конструкторских решений невозможно. Поэтому в многоэлементном соединении при расчете сборочных размерных цепей для уменьшения погрешности получения значения замыкающего звена целесообразно учитывать дополнительную величину ( $\beta_{BT} AT_{BT} + \Delta_o$ ).

**Список литературы:** 1. Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев, М. М. Тверской, Ф. И. Бойков и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с. 2. Солонин И.С., Солонин С.И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1980. - 110 с.

*Поступила в редколлегию 01.10.2010*

**УДК 621.311.25**

**Р.М. ТРИЩ** докт. техн. наук, проф., УИПА, г. Харьков

**Л.М. ШТАБСКИЙ**, канд. техн. наук, гл. инженер, Институт проблем управления Национальной Академии наук Украины,

**М.П. ГИРЯ**, отдел электротехнического оборудования МГП, Институт проблем управления Национальной Академии наук Украины

### **ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СТЕПЕНЬ ЕГО СТАРЕНИЯ**

Показано, що робота електротехнічного устаткування повинна забезпечувати стабільне електропостачання відповідальних споживачів власних потреб АЕС і видачу потужності в енергосистемі.

Показано, что работа электротехнического оборудования должна обеспечивать стабильное электроснабжение ответственных потребителей собственных нужд АЭС и выдачу мощности в энергосистему.

Безопасная и эффективная работа основного технологического оборудования АЭС в значительной степени зависит от надежной работы электротехнического оборудования, которое должно обеспечивать стабильное электроснабжение ответственных потребителей собственных нужд станции и выдачу мощности в энергосистему.

В настоящее время повышенное внимание к решению проблемы надежности атомных станций в Украине вызвано рядом причин, основными из которых являются следующие:

- близятся сроки выработки ресурса оборудования энергоблоков АЭС первых поколений;
- большая номенклатура электротехнического оборудования энергоблоков АЭС, срок службы которого не более 25 лет;
- в условиях реформирования экономики в Украине эксплуатирующие организации не располагают достаточными финансовыми возможностями для полной плановой замены оборудования, исчерпавшего назначенные ресурс;
- продление назначенных проектом сроков эксплуатации оборудования энергоблоков АЭС при частичной замене и ремонте становится экономически и технически целесообразным.

Для обоснования возможности продления назначенного срока эксплуатации каждого конкретного энергоблока АЭС необходимо тщательно проанализировать факторы, влияющие на безопасность и долговечность оборудования. При этом обязательным является проведение оценки качества электротехнического оборудования, его текущего технического состояния и эксплуатационной надежности.

Контроль качества оборудования является процедурой, включающей проведение измерений и испытаний для оценки технических параметров оборудования, проверки его соответствия установленным требованиям эксплуатационной технической документации. При этом, для продления сроков эксплуатации электротехнического оборудования, достоверность и соответствующая точность результатов измерений играет основную роль и обеспечивает правильность принимаемых решений.

При проведении измерений отдельных параметров, в первую очередь, необходимо:

- установить степень достоверности, с которой следует определять выбранные параметры, установить допуски, нормы точности;
- выбрать методы и средства измерений для достижения требуемой точности;
- обеспечить готовность средств измерений выполнять свои функции (посредством периодической поверки, калибровки средств измерений);
- обеспечить учет или создание требуемых условий проведения измерений;
- обеспечить обработку результатов измерений и оценку характеристик погрешностей.

Перечисленные положения представляют собой своеобразную цепь, изъятие из которой какого-нибудь звена неизбежно приводит к получению недостоверной информации, и как следствие, к принятию ошибочных решений.

Возможность применения результатов измерений для правильного и эффективного решения определяется следующими тремя условиями:

- результаты измерений должны быть выражены в узаконенных единицах;
- значения показателей точности результатов измерений должны быть известны с необходимой заданной достоверностью;
- значения показателей точности результатов должны обеспечить оптимальное решение задач оценки технического состояния электрооборудования в соответствии с выбранными критериями.

Если при измерениях соблюдаются все три условия (обеспечивается единство и требуемая точность измерений), это значит на обследуемом объекте правильно организовано метрологическое обеспечение, т.е. совокупность применения научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

При выполнении измерений технических параметров электротехнического оборудования АЭС, проводимых с целью оценки текущего технического состояния для решения вопроса о продлении срока его эксплуатации, метрологическое обеспечение имеет некоторые особенности.

При рассмотрении вопросов продления ресурса оборудования, измерения и испытания проводятся только тех технических параметров, которые определяют степень старения оборудования (определяющих параметров), изменение которых может привести оборудование в неработоспособное или предельное состояние из-за накопления необратимых деградационных изменений, связанных с процессами старения.

Механизмы старения электротехнического оборудования, как правило, являются многофакторными, их закономерности еще недостаточно изучены, поэтому характер его старения может быть определен только анализом изменений его технических параметров. В процессе старения может происходить как ухудшение, так и улучшение отдельных определяющих параметров, причем улучшение одних свойств нередко происходит при ухудшении других. Процессы старения приводят, в конечном счете, к необратимым во времени изменениям свойств оборудования.

Выбор определяющих параметров (технических характеристик) производится для каждого типа оборудования исходя из его физических свойств и анализа оперативной диагностики, а также статистики изменений параметров во времени. Учитывая большую и разнотипную номенклатуру электрооборудования на энергоблоке АЭС, объем определяющих параметров выбирается минимальным и достаточным для достижения поставленных целей.

В настоящее время определен полный перечень технических параметров, принятых в качестве определяющих, и их предельные значения для различных групп электрооборудования АЭС. Данный перечень разработан впервые на базе существующих нормативных материалов, опыта проведения обследований на АЭС Украины, а также с учётом мнения специалистов, эксплуатирующих электрооборудование на АЭС.

В соответствии с рекомендациям «Международной организации стандартизации» (ISO), характеристикой точности измерения есть интервал, который содержит заданную часть распределения значений, которые могли быть обоснованно приписаны измеренной величине (субъективная интерпретация вероятности), в отличие от доверительного интервала, который содержит истинное значение измеренной величины с заданной доверительной вероятностью (частотная интерпретация вероятности).

Использование неопределенностей при представлении результата измерений обеспечивает их единство в условиях общемировых тенденции в области метрологии. Такая задача существует для многих средств измерения, которые нуждаются в установлении класса точности. Соответственно рекомендациям Международной организации стандартизации, его оценкой есть комбинированная и (или) расширенная неопределенность.

Для оценки неопределенности применяются ряд методов, порядок и методики использования которых зависят от конкретного средства и условий измерения. Оценка неопределенности требует проведения специфического анализа экспериментальных данных и теоретических основ измерительного преобразования. В общем, такой набор математических средств называется моделью оценки неопределенности измерения, что является совокупностью критериев, методов и особенностей их применения.

Для учёта различных неопределённостей и получения достоверных и максимально точных результатов обследований электротехнического оборудования при продлении сроков его эксплуатации необходимо учесть некоторые особенности при производстве измерений определяющих параметров в условиях АЭС:

- измерения электрических определяющих параметров оборудования производятся в основном во время планово-предупредительных ремонтов (ППР) во влажностных и температурных условиях, при которых это оборудование работает на месте его установки;

- поскольку измеренные в данный момент времени параметры должны сравниваться с начальными значениями при предыдущих измерениях, важнейшим условием при этом является выбор измерительных приборов, аналогичных предыдущим измерениям, с одинаковыми классами точности. При этом, необходимо обеспечить максимальную идентичность влажностных и температурных режимов с теми режимами, при которых происходили начальные измерения.

В реальных условиях указанные требования не всегда возможно выполнить, так как выбор типа измерительных приборов ограничивается имеющимися на станции средствами измерительной техники (СИТ), которые не всегда совпадают с ранее используемыми как по типам, так и по точности измерений. При этом необходимо также учитывать, что начальные значения по данным параметрам были измерены 20-25 лет назад, когда измерительная техника несколько отличалась от настоящей и в первую очередь по классу точности.

Измерения параметров электрооборудования выполняются в соответствии с аттестованными методиками (ГОСТ 8.010-99).

Так же при испытаниях и измерениях электрооборудования, кроме ГОСТа, следует руководствоваться действующими нормативными документами (НД) и инструкциями заводов-изготовителей.

Испытание и измерение параметров электрооборудования должны проводиться аттестованными лабораториями по программам (методикам), приведенным в стандартах и технических условиях, с учетом требований безопасного выполнения работ. При этом погрешности измерений и требования к параметрам испытательных напряжений должны соответствовать государственным стандартам и действующим НД.

При выполнении измерений необходимо по возможности максимально учесть дополнительные (относительные) погрешности измерительных приборов, вызванные применением дополнительной аппаратуры и отличием условий проведения измерений:

1)  $\delta_t$  – погрешность, вызванная изменением температуры окружающего воздуха (от начальной температуры до любого значения в пределах допустимых рабочих температур). Значения этой погрешности (доля от класса точности прибора) для различных групп измерительных приборов на каждые 10 °С изменения температуры принимается в пределах 0,5-1;

2)  $\delta_f$  - погрешность, вызванная отклонением частоты от нормальной. Предельное значение этой погрешности при отклонении частоты на  $\pm 10\%$  от нормальной частоты (нормальной области частот), как правило, равно классу точности прибора;

3)  $\delta_L$  - погрешность, вызванная изменением положения прибора от нормального положения в любом направлении. Предельное значение этой погрешности при отклонении на  $\pm 5^\circ$  должно быть равно классу точности прибора. Если на приборе отсутствует символ положения, предельное значение этой погрешности, вызванное изменением положения от 0 до 90° для переносных и от 90 до 0° для щитовых приборов, равно половине класса точности прибора;

4)  $\delta_{т\tau}$  - погрешность, вызванная применением измерительных трансформаторов тока;

5)  $\delta_{пр}$  - прочие виды погрешностей, вызванные различными факторами, например, работой в условиях вибрации или ударов (для вибро- и удароустойчивых приборов), действием других однотипных приборов, помещенных рядом, от изменения напря-

жения (для фазометров, ваттметров предельное значение дополнительной погрешности, вызванное отклонением напряжения на  $\pm 10\%$  от номинального, равно классу точности прибора), отклонением формы кривой тока и напряжения от синусоидальной и т.п.;

В общем случае результирующая относительная погрешность измерительного прибора  $\delta_{\Pi}$  может достигнуть суммы погрешности прибора от всех влияющих факторов.

В реальных условиях маловероятно совпадение всех неблагоприятно влияющих факторов и одинакового знака всех погрешностей. Поэтому результирующую погрешность рекомендуется подсчитывать по формуле:

$$\delta_{\Pi} = \sqrt{\delta_o^2 + \frac{A_{ш}^2}{A_{и}^2}(\delta_T^2 + \delta_f^2 + \delta_L^2 + \delta_{IP}^2) + \delta_{IT}^2} \quad (1)$$

где  $\delta_o$  – основная погрешность прибора;

$A_{ш}$  – верхний предел шкалы прибора;

$A_{и}$  – показание прибора измеренного значения.

Кроме факторов, влияющих на перечисленные выше погрешности (регламентированные ГОСТ), имеются также другие факторы, которые существенно влияют на точность измерения. К таким факторам относятся, например, влияние внутреннего сопротивления приборов, участвующих в одной схеме, что вызывает дополнительные требования к принятым схемам измерений, которые следует составлять такими, чтобы максимально исключить взаимное влияние измерительных приборов на результаты измерений.

При измерении несинусоидальных величин приборы разных типов могут давать различные показания. Показания приборов, реагирующих на действующее значение, не будут зависеть от угла сдвига фаз между гармоническими составляющими, а показания приборов, реагирующих на среднее по модулю значение, будут зависеть от угла сдвига фаз отдельных гармонических составляющих относительно основной гармонической составляющей и от схемы выпрямления (в схемах с однополупериодным выпрямлением будут суммироваться основная и нечетная гармонические составляющие, а в схемах с двухполупериодным выпрямлением — все гармонические составляющие).

Вышеперечисленные факторы и их влияние в ряде случаев можно полностью или частично устранить введением соответствующих поправок, изменением метода измерения или учесть количественно в виде дополнительной погрешности.

Учитывая опыт проведения обследований электрооборудования энергоблоков АЭС, в общем случае для максимального исключения дополнительных погрешностей при измерении определяющих параметров электрооборудования необходимо выполнять следующие основные требования:

1) при измерениях в цепях переменного тока испытательные устройства должны давать практически синусоидальный ток и напряжение;

2) схему измерительного прибора следует выбирать такой, чтобы прибор и проверяемый элемент реагировали на одни и те же значения (действующие, средние и др.);

3) пределы измерений измерительных приборов следует подбирать такими, чтобы их показания составляли не менее двух третей шкалы прибора;

4) при измерении тока (мощности) через промежуточный трансформатор тока предел амперметра (ваттметра) желательно выбирать равным номинальному вторичному току трансформаторов тока. Класс точности этого трансформатора тока должен быть, по крайней мере, на одну ступень выше класса точности амперметра (ваттметра);

5) при значительных отклонениях температуры окружающего воздуха от нормальной следует выбирать приборы тех групп, которые имеют меньшую дополнительную погрешность по температуре. При этом результирующая погрешность в ряде случаев может оказаться меньшей, чем при применении приборов других групп с более высоким

классом точности;

6) следует правильно устанавливать прибор, по возможности не допуская отклонений от его нормального положения;

7) во всех случаях, особенно при измерении малых значений токов и напряжений, следует включать амперметр и вольтметр так, чтобы собственное потребление прибора вносило минимальные ошибки в измерения. При измерениях напряжений в цепях мало-мощных источников (на выходах фильтров, в полупроводниковых схемах и др.) следует применять высокоомные вольтметры. Сопротивление вольтметров переменного тока должно быть не менее 1-2кОм/В, сопротивление вольтметров для измерения в цепях постоянного тока (полупроводниковые устройства РЗА, цепи приемопередатчиков ВЧ защит) должны быть не менее 10-20кОм/В. Сопротивление милли- и микро-амперметров для измерений токов на выходе фильтров, в дифференциальных схемах, в схемах сравнения и т.п. должно быть минимальным, около десятых долей Ома при шкалах 25-50мА;

8) для устранения влияния внешних полей следует скручивать вместе прямой и обратный провода, по которым протекают значительные токи;

9) при измерении одной и той же величины двумя приборами и определении ее по сумме показаний этих приборов следует большую долю измеряемой величины измерять прибором с более высоким классом точности;

10) при измерении электрической мощности целесообразнее производить измерение с помощью ваттметров, а не по показаниям трех приборов того же класса точности: вольтметра, амперметра, фазометра (так как их погрешности при измерении складываются);

11) при применении электронных средств измерения (ламповых вольтметров, осциллографов, частотомеров и др.) следует учитывать наличие возможного заземления отдельных точек схемы (в токовых цепях и цепях напряжения, в блоках питания и др.). При неправильном подключении заземленного вывода измерительного прибора возможно возникновение КЗ или значительная ошибка в измерении из-за нарушения режимов работы проверяемой схемы. Поэтому, указанными приборами следует производить измерения только относительно заземленных точек схемы;

12) для уменьшения погрешностей, носящих случайный характер, следует производить несколько измерений и определять среднее значение, отбросив единичные результаты, значительно отличающиеся от остальных (промахи).

#### **Выводы:**

1. При рассмотрении вопроса продления ресурса электротехнического оборудования АЭС измерения и испытания проводятся только тех технических параметров, которые определяют степень старения оборудования (определяющих параметров), изменение которых может привести оборудование в неработоспособное или предельное состояние из-за накопления необратимых деградационных изменений, связанных с процессами старения.

2. Для учёта различных неопределённостей и получения достоверных и максимально точных результатов обследований электротехнического оборудования при продлении сроков его эксплуатации необходимо учитывать особенности при производстве измерений определяющих параметров в условиях АЭС.

3. При выполнении измерений необходимо максимально учесть дополнительные (относительные) погрешности измерительных приборов, вызванные применением дополнительной аппаратуры и отличием условий проведения измерений.

**Список литературы:** 1. ГКД 34.20.507-2003. Техническая эксплуатация электрических станций и сетей. Правила. 2. СОУ-Н ЕЕ20.302:2007. Нормы испытаний электрооборудования. 3. МТ-Т.0.03.195-09. Типовая методика оценки технического состояния, показателей надежности

и остаточного ресурса для различных групп электротехнического оборудования АЭС. 4. ДСТУ 2682-94. Метрологическое обеспечение. Основные положения. 5. ДСТУ 3215-95. ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерительной техники. Организация и порядок проведения. 6. Гиря М.П., Штабский Л.М., к.т.н. Выбор определяющих параметров старения электротехнического оборудования АЭС для оценки его технического состояния и остаточного ресурса. Журнал «Энергетика и электрификация», №6, 2006г.

*Поступила в редколлегию 01.10.2010*

**УДК 664.121.032.3**

**И.А.ФАБРИЧНИКОВА**, ассистент, ХТУСХ им. Петра Василенка, г. Харьков  
**В.В.КОЛОМИЕЦ**, докт. техн. наук, проф., ХТУСХ им. Петра Василенка, г. Харьков

## **УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ ПРИ СРЕЗАНИИ КОРНЕПЛОДА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ СВЕКЛОРЕЗНЫМИ НОЖАМИ**

В статті приведені теоретичні дослідження процесу утворення бурякової стружки, що дозволяють обґрунтувати та вплинути на якість технології підготовки цукрового виробництва

В статье приведены теоретические исследования процесса образования свекловичной стружки, позволяющие обосновать и повлиять на качество технологии подготовки сахарного производства

**Постановка задачи.** Для получения сахара корнеплод сахарной свеклы изрезается свеклорезными ножами в стружку. Качество свекловичной стружки является одним из определяющих факторов эффективности свеклосахарного производства. Поэтому изучение процесса изрезания свеклы в стружку является актуальным и представляет научный интерес.

**Научная новизна.** Получение параметров опережающей трещины, возникающей при образовании свекловичной стружки, и обоснование кавитационного износа свеклорезного ножа.

**Анализ последних публикаций** показал, что многие исследователи [1, 2, 3 и 4] изучали механические параметры процесса получения свекловичной стружки: углы заточки свеклорезных ножей, их профиль, толщину лезвия, скорость подачи корнеплодов в зону резания и т.п. Правда Гребенюком С.М. в [2] сделана попытка расширить представление о процессе резания сахарной свеклы и других органических материалов, введя обтекание ножа разделёнными слоями с предположением, что силы сопротивления пропорциональны квадрату скорости (аналогично обтеканию тел жидкостью и воздухом). Однако там рассмотрены эмпирические аспекты без учета истинных процессов, происходящих в зоне резания.

**Цель.** В данной статье мы хотим, во-первых, теоретически обосновать основы процесса образования свекловичной стружки и, во-вторых, рассмотреть процессы, происходящие в зоне резания и определяющие износ свеклорезного ножа.

**Указанная цель достигается** тем, что не просто введено понятие опережающей трещины при образовании свекловичной стружки, а теоретически описано и определены её геометрические параметры. А также теоретически обоснован процесс кавитационного износа свеклорезного ножа.

При образовании свекловичной стружки последняя деформируется и в процессе резания приобретает криволинейную форму. Будем считать стружку тонкой пластиной, а сами деформации малыми. Вычислим свободную энергию изогнутой пластинки.